



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 4 年    1 月 2 7 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 4 - 0 1 8 8 3 8  
Application Number:

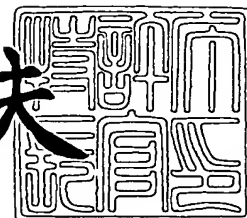
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 4 - 0 1 8 8 3 8 ]

出      願      人                      T D K 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 4 年    2 月 1 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 0 2 6 2



【書類名】	特許願
【整理番号】	99P06607
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	G02B 6/00
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K 株式会社内
【氏名】	花島 直樹
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K 株式会社内
【氏名】	持田 励雄
【特許出願人】	
【識別番号】	000003067
【氏名又は名称】	T D K 株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100115738
【弁理士】	
【氏名又は名称】	鷲頭 光宏
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	215327
【納付金額】	21,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

石英基板と、前記石英基板上に設けられたバッファ層と、前記バッファ層上に設けられた少なくとも一つのコアと、前記コアを覆って前記バッファ層上に設けられた上部クラッドとを備え、前記バッファ層の熱膨張率と前記上部クラッドの熱膨張率とがほぼ等しいことを特徴とする光導波路。

**【請求項 2】**

前記バッファ層の屈折率は前記石英基板の屈折率よりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路。

**【請求項 3】**

前記バッファ層を構成する材料よりも前記上部クラッドを構成する材料の方が軟化温度が低いことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光導波路。

**【請求項 4】**

前記上部クラッドには少なくともホウ素（B）及びリン（P）が添加されていることを特徴とする請求項 3 に記載の光導波路。

**【請求項 5】**

前記バッファ層には少なくともゲルマニウム（Ge）が添加されていることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の光導波路。

**【請求項 6】**

前記バッファ層の厚さが  $1\ \mu\text{m}$  以上、 $5\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

**【請求項 7】**

前記石英基板と前記バッファ層との間に設けられた他のバッファ層をさらに備えており、前記他のバッファの熱膨張率は、前記石英基板の熱膨張率と前記バッファ層の熱膨張率の間であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

**【請求項 8】**

石英基板上に気相成長法によりバッファ層を成膜する工程と、前記バッファ層上に気相成長法によりコア前駆体層を成膜する工程と、前記コア前駆体層をパターンングすることにより第 1 及び第 2 のコアを形成する工程と、前記第 1 及び第 2 のコアを覆うように、熱膨張率が前記バッファ層とほぼ等しい上部クラッドを気相成長法により前記バッファ層上に成膜する工程と、前記上部クラッドをアニールにより流動化させる工程とを備えることを特徴とする光導波路の製造方法。

**【請求項 9】**

前記上部クラッドの成膜とアニールを複数回繰り返すことを特徴とする請求項 8 に記載の光導波路の製造方法。

**【書類名】明細書****【発明の名称】光導波路及びその製造方法****【技術分野】****【0001】**

本発明は光導波路及びその製造方法に関し、特に、石英基板を用いた埋め込み型光導波路及びその製造方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年、情報伝送の高速化・大容量化を達成すべく光通信が幅広く利用されている。光通信に用いられる光導波路には、大きく分けて光ファイバと埋め込み型光導波路があり、このうち埋め込み型光導波路としては、シリコン基板と、シリコン基板上に設けられた下部クラッドと、下部クラッド上に設けられたコアと、コアを覆って下部クラッド上に設けられた上部クラッドとを備えた構成を有するものが知られている（特許文献1参照）。

**【0003】**

しかしながら、このような構成を有する光導波路では、シリコン基板の屈折率がコアの屈折率よりもかなり大きいため、コアからシリコン基板への光の漏れを十分に遮断しなければならない。このため、下部クラッドの厚さを例えば $20\mu\text{m}$ 以上と十分に厚く設定する必要があり、その結果、製造時間が長くなりやすいという問題があった。

**【0004】**

これに対し、他の埋め込み型光導波路として、石英基板と、石英基板上に設けられたコアと、コアを覆って石英基板上に設けられた上部クラッドとを備えた光導波路が知られている（特許文献2参照）。このような構成を有する光導波路では、石英基板の屈折率がコアの屈折率よりも小さいことから、基板自体を下部クラッドとして機能させることができる。このため、別途下部クラッドを形成する必要が無く、少ない工程数によって製造することができるというメリットを有している。

**【0005】**

しかしながら、石英基板上に直接コアを形成すると、複屈折が生じて偏波依存性が増大するなど、種々の問題が生じることが報告されている。このため、石英基板を用いる場合であっても、石英基板とコアの間にバッファ層を介在させることによって、偏波依存性などの特性を改善する方法が提案されている（特許文献3，4参照）。

**【0006】**

尚、特許文献5には、シリコン基板を用いた光導波路において、上部クラッドの熱膨張率とシリコン基板の熱膨張率との関係、並びに、上部クラッドの熱膨張率と下部クラッドの熱膨張率との関係を所定の範囲に規定することによって、偏波依存性を低減する手法が開示されている。

【特許文献1】特開平7-318739号公報

【特許文献2】特開平9-297237号公報

【特許文献3】特開平10-142436号公報

【特許文献4】特開2002-189139号公報

【特許文献5】特開2003-14959号公報

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

しかしながら、石英基板とコアの間にバッファ層を介在させた場合であっても、コアとバッファ層の熱膨張率差やコアと上部クラッドの熱膨張率差によって、複屈折が生じることがあった。このような問題は、隣接するコア間に生じるボイドを排除すべく、上部クラッドの流動化アニールを行う場合において特に顕著となる。

**【0008】**

したがって、本発明の目的は、複屈折の発生が抑制された石英基板を有する光導波路及びその製造方法を提供することである。

**【課題を解決するための手段】****【0009】**

本発明による光導波路は、石英基板と、前記石英基板上に設けられたバッファ層と、前記バッファ層上に設けられた少なくとも一つのコアと、前記コアを覆って前記バッファ層上に設けられた上部クラッドとを備え、前記バッファ層の熱膨張率と前記上部クラッドの熱膨張率とがほぼ等しいことを特徴とする。

**【0010】**

本発明において、「バッファ層の熱膨張率と上部クラッドの熱膨張率とがほぼ等しい」とは、バッファ層の熱膨張率とコアの熱膨張率との差によってコアに生じる応力と、上部クラッドの熱膨張率とコアの熱膨張率との差によってコアに生じる応力とが実質的に等しく、これによりコアにかかる応力が実質的に等方性となる状態を指す。したがって、バッファ層の熱膨張率と上部クラッドの熱膨張率とが完全に一致していなくても、その差が約30%以下、好ましくは10%以下であれば、結果的にコアにかかる応力が実質的に等方性となれば本発明の範囲に含まれる。

**【0011】**

このように、本発明では、バッファ層の熱膨張率と上部クラッドの熱膨張率とがほぼ等しく、これにより、コアにかかる応力が実質的に等方性となっていることから、複屈折の発生を効果的に抑制することが可能となる。

**【0012】**

また、前記バッファ層の屈折率は前記石英基板の屈折率よりも大きいことが好ましい。これによれば、石英基板への光の漏れが少なくなることから特性が向上する。

**【0013】**

また、前記バッファ層を構成する材料よりも前記上部クラッドを構成する材料の方が軟化温度が低いことが好ましい。これによれば、上部クラッドの流動化アニール時に、バッファ層が流動化するのを防止することが可能となる。この場合、前記上部クラッドには少なくともホウ素（B）及びリン（P）が添加されていることが好ましく、前記バッファ層には少なくともゲルマニウム（Ge）が添加されていることが好ましい。

**【0014】**

また、前記バッファ層の厚さは1  $\mu\text{m}$ 以上、5  $\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これによれば、バッファ層の成膜時間を抑えつつ、コアにかかる応力を正しく制御することが可能となる。

**【0015】**

また、前記コアは第1のコア及び第2のコアを含んでおり、前記第1のコアと前記第2のコアの間隔が狭い場合、例えば2  $\mu\text{m}$ 以下のとき、第1のコア及び第2のコアの間にボイドが生じやすく、このため上部クラッドを流動化アニールする必要性が生じるが、本発明ではバッファ層の熱膨張率と上部クラッドの熱膨張率とがほぼ等しいことから、このような場合であってもコアにかかる応力を実質的に等方性とすることが可能となる。

**【0016】**

また、前記石英基板と前記バッファ層との間に他のバッファ層をさらに設け、その熱膨張率を前記石英基板の熱膨張率と前記バッファ層の熱膨張率の間に設定することもまた好ましい。これによれば、石英基板とバッファ層の熱膨張率差に起因する応力を低減することが可能となる。

**【0017】**

本発明による光導波路の製造方法は、石英基板上に気相成長法によりバッファ層を成膜する工程と、前記バッファ層上に気相成長法によりコア前駆体層を成膜する工程と、前記コア前駆体層をパターニングすることにより第1及び第2のコアを形成する工程と、前記第1及び第2のコアを覆うように、熱膨張率が前記バッファ層とほぼ等しい上部クラッドを気相成長法により前記バッファ層上に成膜する工程と、前記上部クラッドをアニールにより流動化させる工程とを備えることを特徴とする。

**【0018】**

本発明によれば、バッファ層、コア前駆体層及び上部クラッドを気相成長法により成膜していることから、成膜方法の違いによる応力の増大を抑制することが可能となる。しかも、成膜後、アニールによって上部クラッドを流動化させていることから、第1及び第2のコアの間隔が狭い場合であっても、ボイドを確実に排除することが可能となる。さらに、バッファ層の熱膨張率と上部クラッドの熱膨張率とがほぼ等しいことから、複屈折の発生を効果的に抑制することが可能となる。

#### 【0019】

また、上部クラッドの形成は、成膜とアニールを複数回繰り返すことにより行うことが好ましい。これによれば、アニール時に生じる気泡を効果的に除去することが可能となる。

#### 【発明の効果】

#### 【0020】

このように、本発明によれば、埋め込み型光導波路において複屈折の発生を効果的に抑制することが可能となる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0021】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施の形態について詳細に説明する。

#### 【0022】

図1は、本発明の好ましい実施形態による光導波路10の構造を示す略断面図である。

#### 【0023】

図1に示すように、本実施形態による光導波路10は、石英基板11と、石英基板11上に設けられたバッファ層12と、バッファ層12上に設けられた第1のコア13a及び第2のコア13bと、これら第1及び第2のコア13a、13bを覆ってバッファ層12上に設けられた上部クラッド14とを備えている。つまり、本実施形態による光導波路10は、石英基板を用いた埋め込み型光導波路である。本明細書においては、第1のコア13a及び第2のコア13bをまとめて単に「コア13」と呼ぶことがある。

#### 【0024】

石英基板11は、光導波路10の機械的強度を確保するための支持基体としての役割を果たすほか、コア13から見て下方向におけるクラッド（下部クラッド）の一部としての役割を果たす。その材料としては、クラッドとしての機能を果たす石英系ガラス材料が主成分である限り特に限定されないが、ノンドープの石英ガラス（ $\text{SiO}_2$ ）を用いることが好ましい。ノンドープの石英ガラスの屈折率（ $n$ ）は、波長が1310nmの光に対して約1.446である。石英基板11の厚さについては、光導波路10の機械的強度が確保される限り特に限定されず、例えば、0.3～1.0mm程度に設定すればよい。

#### 【0025】

第1のコア13a及び第2のコア13bは、それぞれ別の導波路を構成する要素であり、その材料としては、コアとしての機能を果たすよう、所定のドーパントが添加された石英系ガラス材料が用いられる。コア13に添加するドーパントの種類及び量については、バッファ層12や上部クラッド14の屈折率よりもコア13の屈折率の方が高くなるように選択する必要がある。ドーパントの種類については、添加により屈折率が上昇するタイプのものを選択する必要がある。このようなドーパントとしては、ゲルマニウム（Ge）、リン（P）、チタン（Ti）、アルミニウム（Al）等が挙げられる。中でも、軟化温度の低下が少ないゲルマニウム（Ge）を選択することが好ましい。コア13の高さについては、特に限定されるものではないが5～10 $\mu\text{m}$ 程度に設定すればよい。また、コア13の幅については、コア13の高さと同程度に設定すればよい。

#### 【0026】

バッファ層12は、コア13から見て下方向におけるクラッド（下部クラッド）の一部としての役割を果たすほか、コア13にかかる応力を調整することによって複屈折を低減する役割を果たす。その材料としては、クラッドとしての機能を果たすよう、所定のドー

パントが添加された石英系ガラス材料が用いられる。バッファ層 12 に添加するドーパントの種類及び量については、コア 13 の屈折率よりもバッファ層 12 の屈折率の方が低くなるよう、選択する必要があるとともに、上部クラッド 14 を構成する材料よりも軟化温度が高くなるよう選択する必要がある。また、バッファ層 12 の屈折率は石英基板 11 の屈折率よりも大きくすることが好ましい。これは、バッファ層 12 の屈折率を石英基板 11 の屈折率よりも大きくすれば、石英基板 11 への光の漏れが少なくなるからである。以上の要請を満たす最も好ましいドーパントはゲルマニウム (Ge) であり、さらにこれにホウ素 (B) を添加することが好ましい。

#### 【0027】

バッファ層 12 の厚さについては、コア 13 にかかる応力を調整可能な限度において、できる限り薄く設定することが好ましく、具体的には、 $1\mu\text{m}$  以上、 $5\mu\text{m}$  以下に設定することが好ましい。これは、バッファ層 12 の厚さが  $1\mu\text{m}$  未満であるとコア 13 にかかる応力を十分に調整できなくなるおそれがあるからであり、また、バッファ層 12 の厚さが  $5\mu\text{m}$  あればコア 13 にかかる応力を十分に調整可能であり、それ以上 ( $5\mu\text{m}$  超) に設定することは、成膜時間の増大を招くだけで事実上無駄だからである。

#### 【0028】

上部クラッド 14 は、コア 13 から見て水平方向及び上方向におけるクラッドとしての役割を果たす。その材料としては、クラッドとしての機能を果たすよう、所定のドーパントが添加された石英系ガラス材料が用いられる。上部クラッド 14 に添加するドーパントの種類及び量についても、コア 13 の屈折率よりも上部クラッド 14 の屈折率の方が低くなるよう選択する必要があるとともに、バッファ層 12 を構成する材料よりも軟化温度が低くなるよう選択する必要がある。軟化温度の低い材料としては、ホウ素 (B) 及びリン (P) が添加された石英ガラス、すなわち、ボロン燐添加石英ガラス (BPSG) を最も好ましく挙げることができる。

#### 【0029】

また、上部クラッド 14 の屈折率はバッファ層 12 の屈折率よりも大きくすることが好ましい。つまり、上部クラッド 14 の屈折率をバッファ層 12 の屈折率よりも大きくし、且つ、石英基板 11 の屈折率よりも大きくすることが好ましい。これにより、光導波路に接続される入力ファイバからの入力光のうち、光導波路に結合しない光がバッファ層 12 および石英基板 11 側に漏れるのを防ぐことができる。また上部クラッド 14 とバッファ層 12 の屈折率はともにコア 13 の屈折率よりも小さい必要がある。光導波路として動作するためにはコア 13 の屈折率が周囲よりも大きい必要があるからである。上部クラッド 14 の厚さについては、コア 13 を完全に覆い、且つ、コア 13 から見て上方向への光の漏れが十分に抑制される限りにおいてできる限り薄く設定することが好ましい。例えば、コア 13 の高さが  $7\mu\text{m}$  であれば、 $30\mu\text{m}$  程度に設定すればよい。

#### 【0030】

本発明では、光導波路 10 を構成するバッファ層 12 の熱膨張率と、上部クラッド 14 の熱膨張率がほぼ等しく設定されている。これは、これらの熱膨張率をほぼ等しく設定することによって、コア 13 にかかる垂直方向の応力と平面方向の応力を実質的に一致させ、これにより複屈折の発生を抑制するためである。石英系ガラス材料の熱膨張率は、添加するドーパントの種類及び量によって変化することから、これに基づいてバッファ層 12 の熱膨張率と上部クラッド 14 の熱膨張率とをほぼ等しく設定することができる。添加により熱膨張率が大きくなるドーパントとしては、例えば、リン (P)、ゲルマニウム (Ge)、ホウ素 (B)、アルミニウム (Al) 等が挙げられ、添加により熱膨張率が小さくなるドーパントとしては、例えば、チタン (Ti)、フッ素 (F) 等が挙げられる。

#### 【0031】

次に、光導波路 10 の製造方法について工程図である図 2 乃至図 7 を参照しながら説明する。

#### 【0032】

まず、図 2 に示すように、石英基板 11 上にバッファ層 12 を形成する。バッファ層 1

2の形成方法としては、バッファ層12の構成元素を含む化学種を用いた気相成長法、例えばCVD法を用いることが好ましく、テトラエトキシオルソシリケート (TEOS)、テトラメトキシゲルマニウム (TMG)、トリメトキシボラン (TMB) 及び酸素 ( $O_2$ ) の混合ガスをソースとするプラズマCVD法 (PECVD法) を用いることが特に好ましい。このような混合ガスを用いて成膜すれば、ゲルマニウム (Ge) 及びホウ素 (B) が添加された石英ガラスからなるバッファ層12を形成することが可能となる。ゲルマニウム (Ge) の添加量は、テトラメトキシゲルマニウム (TMG) の流量によって調節することができ、ホウ素 (B) の添加量は、トリメトキシボラン (TMB) の流量によって調節することができる。

#### 【0033】

次に、図3に示すように、バッファ層12上にコア前駆体層15を形成する。コア前駆体層15はコア13の元となる層であり、その厚さは、形成すべきコア13の厚さと同じ厚さに設定される。コア前駆体層15の形成方法としては、バッファ層12の形成方法と同様であり、コア13の構成元素を含む化学種を用いたCVD等の気相成長法を用いることが好ましく、テトラエトキシオルソシリケート (TEOS)、テトラメトキシゲルマニウム (TMG) 及び酸素 ( $O_2$ ) の混合ガスをソースとするプラズマCVD法 (PECVD法) を用いることが特に好ましい。このような混合ガスを用いて成膜すれば、ゲルマニウム (Ge) が添加された石英ガラスからなるコア前駆体層15を形成することが可能となる。上述の通り、ゲルマニウム (Ge) の添加量はテトラメトキシゲルマニウム (TMG) の流量によって調節することができ、バッファ層12の形成時よりもテトラメトキシゲルマニウム (TMG) の流量を多く設定することによって、コア前駆体層15の屈折率をバッファ層12の屈折率よりも高くすることができる。

#### 【0034】

次に、図4に示すように、コア前駆体層15上にフォトレジスト16を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて第1のコア13a及び第2のコア13bを形成すべき領域以外の部分を除去することにより、図5に示すようにマスク16a, 16bを形成する。そして、図6に示すように、このマスク16a, 16bを用いてコア前駆体層15をエッチングすることにより、第1のコア13a及び第2のコア13bを形成する。その後、マスク16a, 16bを除去すれば、コア前駆体層15のパターニングが完了する。コア前駆体層15のエッチングは、ドライエッチング法、特に、反応性イオンエッチング法 (RIE法) を用いることが好ましい。

#### 【0035】

次に、図7に示すように、コア13を覆うようにバッファ層12上に上部クラッド14を形成する。上部クラッド14の形成方法としては、上部クラッド14の構成元素を含む化学種を用いたCVD等の気相成長法を用いることが好ましく、トリメトキシボラン (TMB)、トリメトキシフォスフィン (TMP)、テトラエトキシオルソシリケート (TEOS) 及び酸素 ( $O_2$ ) の混合ガスをソースとするプラズマCVD法 (PECVD法) を用いることが特に好ましい。このような混合ガスを用いて成膜すれば、ボロン燐添加石英ガラス (BPSG) からなる上部クラッド14を形成することが可能となる。

#### 【0036】

但し、上部クラッド14は凹凸を有する面上に形成されるため、成膜直後においては、図7に示すように表面14aに凹凸が形成されたり、第1のコア13aと第2のコア13bの間にボイド14bが形成されたりする。特にボイド14bは、第1のコア13aと第2のコア13bの間隔が狭い場合に生じやすい。

#### 【0037】

このような表面14aの凹凸やボイド14bをなくすため、次に、上部クラッド14をアニールにより流動化させる。この場合、上部クラッド14の全部を成膜した後、一度にアニールを行うのではなく、成膜とアニールを複数回繰り返すことによって上部クラッド14を形成することがより好ましい。これは、成膜とアニールを複数回繰り返すことにより上部クラッド14を形成すれば、アニール時に生じる気泡を効果的に除去することがで



きるからである。例えば、上部クラッド 14 を  $8\ \mu\text{m}$  だけ成膜した後アニールを行い、次いで、さらに  $11\ \mu\text{m}$  だけ成膜した後アニールを行い、最後に、さらに  $11\ \mu\text{m}$  だけ成膜した後アニールを行えば、ほぼ気泡の存在しない厚さ  $30\ \mu\text{m}$  の上部クラッド 14 を形成することが可能となる。

#### 【0038】

以上により、図 1 に示すように、表面 14 a が平坦であり、且つ、ボイド 14 b が存在しない光導波路 10 が完成する。

#### 【0039】

このようにして作製された光導波路 10 に含まれるコア 13 には、熱膨張率の差に起因する応力がかかることになるが、本発明では、バッファ層 12 の熱膨張率と上部クラッド 14 の熱膨張率とがほぼ等しいことから、コア 13 と上部クラッド 14 及びバッファ層 12 の熱膨張率が異なっている場合でも、コア 13 にかかる垂直方向の応力と平面方向の応力が実質的に一致している。つまり、図 8 に示すように、コア 13 の垂直面、つまり側面 13 s は全て上部クラッド 14 に接していることから、コア 13 にかかる垂直方向の応力 A は上部クラッド 14 とコア 13 の熱膨張率差によって決まる。一方、コア 13 の水平面のうち、上面 13 u は上部クラッド 14 に接し、底面 13 l はバッファ層 12 に接していることから、コア 13 にかかる水平方向の応力のうち、上面 13 u にかかる応力 A については上部クラッド 14 とコア 13 の熱膨張率差によって決まり、底面 13 l にかかる応力 B についてはバッファ層 12 とコア 13 の熱膨張率差によって決まる。換言すれば、コア 13 にかかる水平方向の応力は、上部クラッド 14 とコア 13 の熱膨張率差と、バッファ層 12 とコア 13 の熱膨張率差の中間値によって決まることになる。

#### 【0040】

この点を考慮して、本発明ではバッファ層 12 の熱膨張率と上部クラッド 14 の熱膨張率をほぼ一致させており、これにより、コア 13 にかかる垂直方向の応力と平面方向の応力を実質的に一致させることが可能となる。つまり、コア 13 にかかる応力は等方性となり、複屈折が生じにくくなる。したがって、良好な特性を持つ光導波路 10 を提供することが可能となる。

#### 【0041】

本発明は、以上説明した実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

#### 【0042】

例えば、上記実施形態による光導波路 10 では、石英基板 11 とバッファ層 12 が直接接触しているが、図 9 に示すように、石英基板 11 とバッファ層 12 の熱膨張率差に起因する応力を低減するための他のバッファ層 20 をこれらの間に介在させても構わない。この場合、他のバッファ層 20 としては、熱膨張率が石英基板 11 とバッファ層 12 の間である材料を用いる必要がある。このような材料としては、ドーパントとしてゲルマニウム (Ge) が添加された石英系ガラス材料であって、ゲルマニウム (Ge) の添加量がバッファ層 12 よりも少ない材料を好ましく挙げることができる。

#### 【実施例】

#### 【0043】

以下、本発明の実施例について説明するが、本発明はこの実施例に何ら限定されるものではない。

#### 【0044】

##### 実施例 1

#### 【0045】

図 1 と同様の構造を有する実施例 1 の光導波路 (方向性結合器) を作製した。実施例 1 の光導波路では、バッファ層にはゲルマニウム (Ge) 及びホウ素 (B) を添加し、その添加量は酸化物換算でそれぞれ  $2.0\text{ mol}\%$  及び  $4.0\text{ mol}\%$  とした。上部クラッドにはホウ素 (B) 及びリン (P) を添加し、その添加量はそれぞれ  $5.0\text{ mol}\%$  及び  $2$

． 0 mol %とした。また、コアにはゲルマニウム (Ge) を添加し、その添加量は 5.4 mol %とした。これにより、波長が 1550 nm の光に対して、バッファ層の屈折率は 1.44800、上部クラッドの屈折率は 1.4483、コアの屈折率は 1.45409 となり、コアの屈折率はバッファ層及び上部クラッドの屈折率よりも約 0.4 % 高くなった。

#### 【0046】

実施例 1 の光導波路では、バッファ層及び上部クラッドの熱膨張率はいずれも  $12.4 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であり、したがってこれらの熱膨張率差は実質的に 0 % である。また、コアの熱膨張率は  $11.5 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であった。

#### 【0047】

このような実施例 1 の光導波路に対して分岐比の偏波依存性を測定したところ、その値は 0.1 dB であった。通常、偏波依存性が 0.5 dB 以下であれば特性が良好であると言えることから、実施例 1 の光導波路は非常に特性が良好であること確認された。

#### 【0048】

#### 実施例 2

#### 【0049】

バッファ層に添加するゲルマニウム (Ge) 及びホウ素 (B) の添加量を酸化物換算でそれぞれ 1.4 mol % 及び 1.8 mol % とし、上部クラッドに添加するホウ素 (B) 及びリン (P) の添加量をそれぞれ 1.8 mol % 及び 1.2 mol % とし、コアに添加するゲルマニウム (Ge) の添加量を 5.2 mol % とした他は、実施例 1 と同じ構成を有する実施例 2 の光導波路を作製した。実施例 2 の光導波路では、波長が 1550 nm の光に対するバッファ層の屈折率は 1.44761、上部クラッドの屈折率は 1.44788、コアの屈折率は 1.45355 となり、コアの屈折率はバッファ層及び上部クラッドの屈折率よりも約 0.4 % 高くなった。

#### 【0050】

実施例 2 の光導波路では、バッファ層の熱膨張率は  $8.0 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、上部クラッドの熱膨張率は  $8.8 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であり、したがってこれらの熱膨張率差は約 10 % であった。また、コアの熱膨張率は  $11.2 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であった。

#### 【0051】

このような実施例 2 の光導波路に対して分岐比の偏波依存性を測定したところ、その値は 0.2 dB であり、非常に特性が良好であること確認された。

#### 【0052】

#### 実施例 3

#### 【0053】

バッファ層に添加するゲルマニウム (Ge) 及びホウ素 (B) の添加量を酸化物換算でそれぞれ 0.7 mol % 及び 1.2 mol % とし、上部クラッドに添加するホウ素 (B) 及びリン (P) の添加量をそれぞれ 1.2 mol % 及び 1.0 mol % とし、コアに添加するゲルマニウム (Ge) の添加量を 5.0 mol % とした他は、実施例 1 と同じ構成を有する実施例 3 の光導波路を作製した。実施例 3 の光導波路では、波長が 1550 nm の光に対するバッファ層の屈折率は 1.44739、上部クラッドの屈折率は 1.44779、コアの屈折率は 1.45355 となり、コアの屈折率はバッファ層及び上部クラッドの屈折率よりも約 0.4 % 高くなった。

#### 【0054】

実施例 3 の光導波路では、バッファ層の熱膨張率は  $7.0 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、上部クラッドの熱膨張率は  $7.9 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であり、したがってこれらの熱膨張率差は約 13 % であった。また、コアの熱膨張率は  $11.0 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であった。

#### 【0055】

このような実施例 3 の光導波路に対して分岐比の偏波依存性を測定したところ、その値は 0.4 dB であり、特性が良好であること確認された。

#### 【0056】

比較例 1【0057】

バッファ層への添加をゲルマニウム (Ge) のみとし、その添加量を酸化物換算で 0.7 mol% とするとともに、上部クラッドに添加するホウ素 (B) 及びリン (P) の添加量をそれぞれ 1.2 mol% 及び 1.0 mol% とし、コアに添加するゲルマニウム (Ge) の添加量を 5.0 mol% とした他は、実施例 1 と同じ構成を有する比較例 1 の光導波路を作製した。比較例 1 の光導波路では、波長が 1550 nm の光に対するバッファ層の屈折率は 1.44775、上部クラッドの屈折率は 1.44778、コアの屈折率は 1.45355 となり、コアの屈折率はバッファ層及び上部クラッドの屈折率よりも約 0.4% 高くなった。

【0058】

比較例 1 の光導波路では、バッファ層の熱膨張率は  $5.8 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、上部クラッドの熱膨張率は  $7.9 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であり、したがってこれらの熱膨張率差は約 36% であった。また、コアの熱膨張率は  $11.0 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であった。

【0059】

このような比較例 1 の光導波路に対して分岐比の偏波依存性を測定したところ、その値は 0.6 dB であり、良好な特性は得られなかった。

【0060】比較例 2【0061】

バッファ層への添加をゲルマニウム (Ge) のみとし、その添加量を酸化物換算で 1.0 mol% とするとともに、上部クラッドに添加するホウ素 (B) 及びリン (P) の添加量をそれぞれ 4.5 mol% 及び 2.0 mol% とし、コアに添加するゲルマニウム (Ge) の添加量を 5.2 mol% とした他は、実施例 1 と同じ構成を有する比較例 2 の光導波路を作製した。比較例 2 の光導波路では、波長が 1550 nm の光に対するバッファ層の屈折率は 1.44815、上部クラッドの屈折率は 1.44815、コアの屈折率は 1.45382 となり、コアの屈折率はバッファ層及び上部クラッドの屈折率よりも約 0.4% 高くなった。

【0062】

比較例 2 の光導波路では、バッファ層の熱膨張率は  $6.2 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、上部クラッドの熱膨張率は  $12.9 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であり、したがってこれらの熱膨張率差は約 108% であった。また、コアの熱膨張率は  $11.2 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であった。

【0063】

このような比較例 2 の光導波路に対して分岐比の偏波依存性を測定したところ、その値は 1.1 dB であり、良好な特性は得られなかった。

【0064】比較例 3【0065】

バッファ層をノンドープとし、上部クラッドに添加するホウ素 (B) 及びリン (P) の添加量を酸化物換算でそれぞれ 4.5 mol% 及び 1.0 mol% とし、コアに添加するゲルマニウム (Ge) の添加量を 4.8 mol% とした他は、実施例 1 と同じ構成を有する比較例 3 の光導波路を作製した。比較例 3 の光導波路では、波長が 1550 nm の光に対するバッファ層の屈折率は 1.4468、上部クラッドの屈折率は 1.4468、コアの屈折率は 1.45328 となり、コアの屈折率はバッファ層及び上部クラッドの屈折率よりも約 0.4% 高くなった。

【0066】

比較例 3 の光導波路では、バッファ層の熱膨張率は  $6.2 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、上部クラッドの熱膨張率は  $11.2 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であり、したがってこれらの熱膨張率差は約 81% であった。また、コアの熱膨張率は  $10.8 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  であった。

【0067】

このような比較例 3 の光導波路に対して分岐比の偏波依存性を測定したところ、その値は 1. 2 d B であり、良好な特性は得られなかった。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 8 】

【図 1】本発明の好ましい実施形態による光導波路 1 0 の構造を示す略断面図である。

【図 2】光導波路 1 0 の製造工程の一部（バッファ層 1 2 の形成）を示す図である。

【図 3】光導波路 1 0 の製造工程の一部（コア前駆体層 1 5 の形成）を示す図である。

。

【図 4】光導波路 1 0 の製造工程の一部（フォトレジスト 1 6 の形成）を示す図である。

【図 5】光導波路 1 0 の製造工程の一部（マスク 1 6 a, 1 6 b の形成）を示す図である。

【図 6】光導波路 1 0 の製造工程の一部（コア前駆体層 1 5 のエッチング）を示す図である。

【図 7】光導波路 1 0 の製造工程の一部（上部クラッド 1 4 の形成）を示す図である。

。

【図 8】コア 1 3 にかかる応力を説明するための図である。

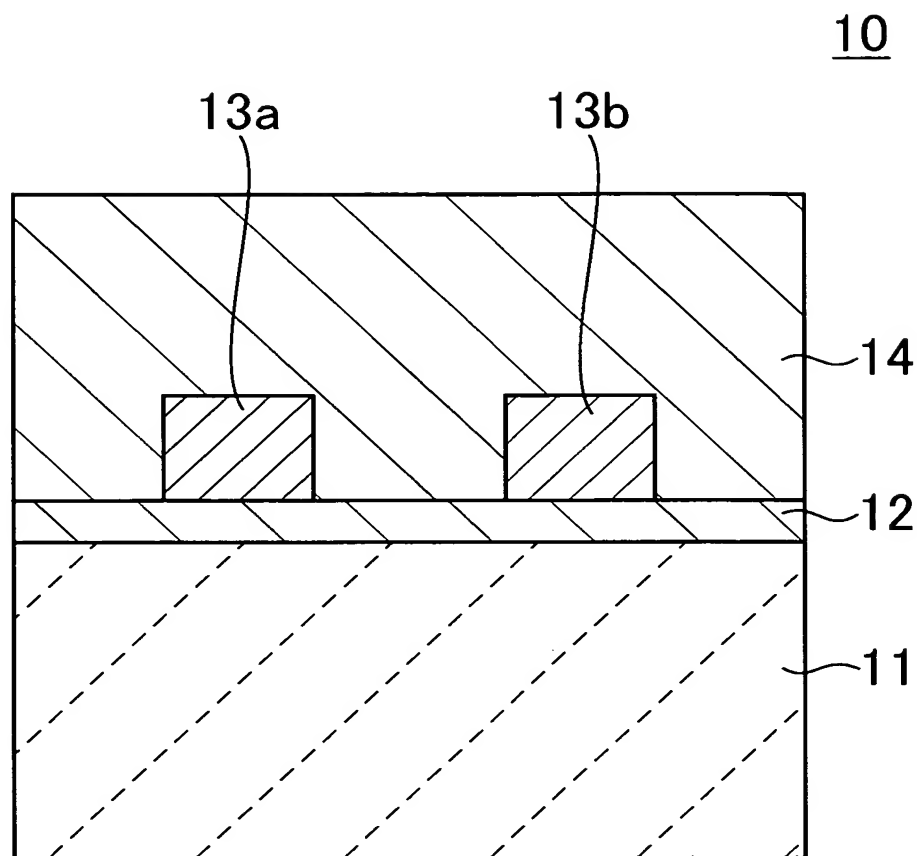
【図 9】光導波路 1 0 の変形例を示す略断面図である。

【符号の説明】

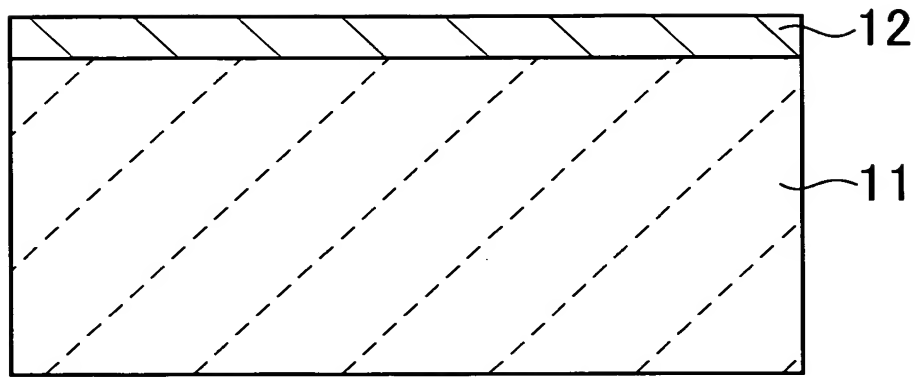
【 0 0 6 9 】

1 0	光導波路
1 1	石英基板
1 2	バッファ層
1 3 a	第 1 のコア
1 3 b	第 2 のコア
1 3 s	コアの側面
1 3 u	コアの上面
1 3 l	コアの底面
1 4	上部クラッド
1 4 a	上部クラッドの表面
1 4 b	ボイド
1 5	コア前駆体層
1 6	フォトレジスト
1 6 a, 1 6 b	マスク

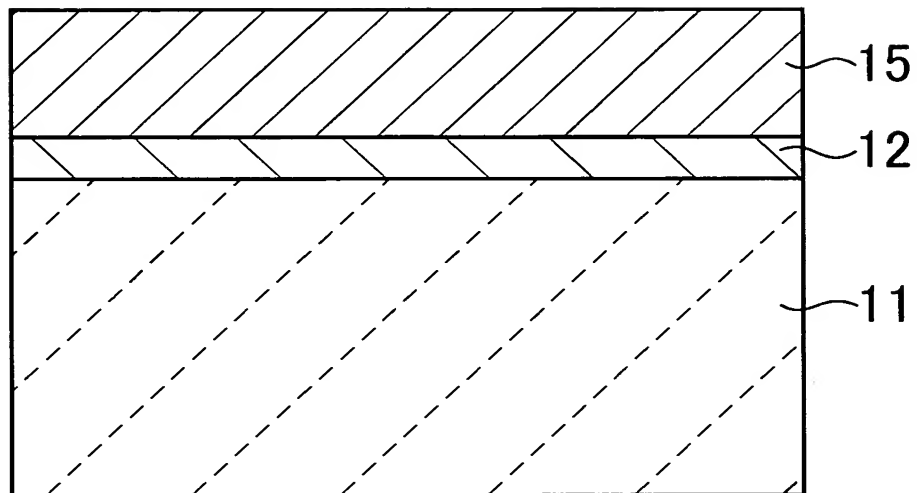
【書類名】 図面  
【図 1】



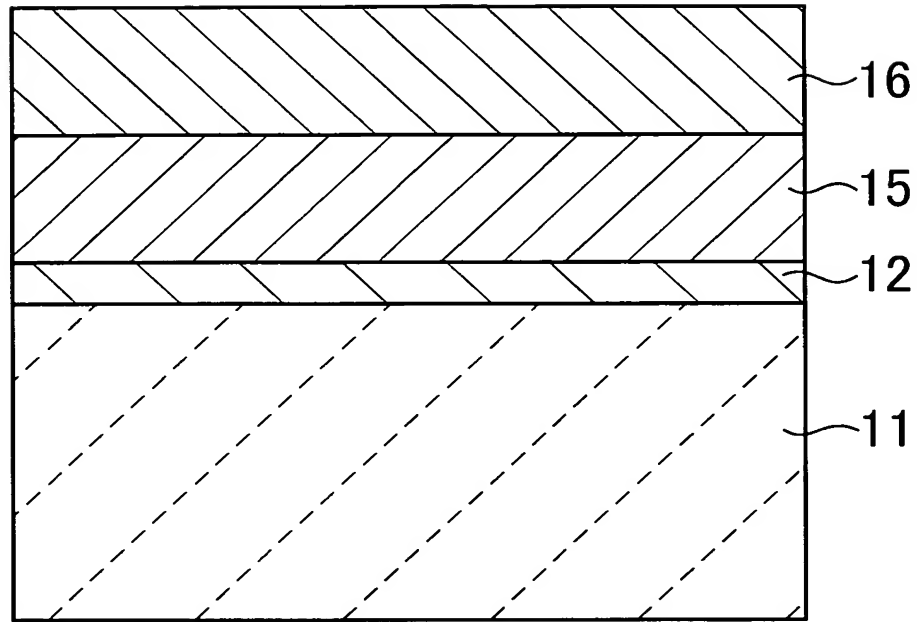
【図 2】



【図 3】

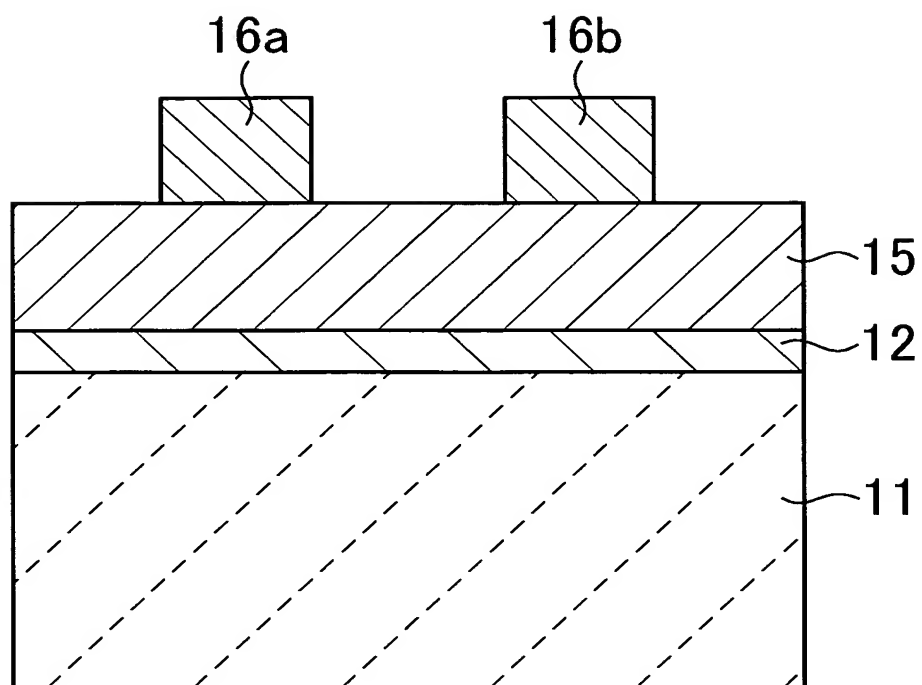


【図 4】

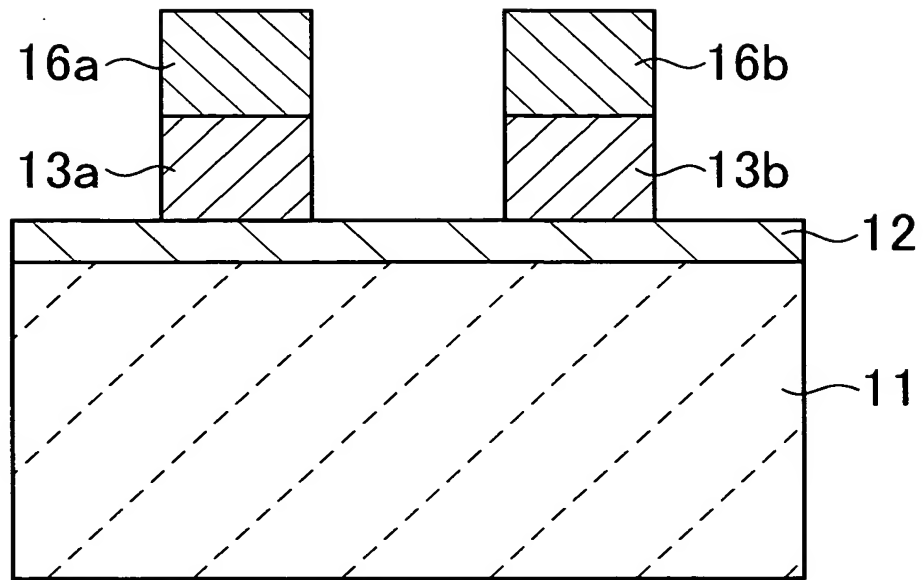




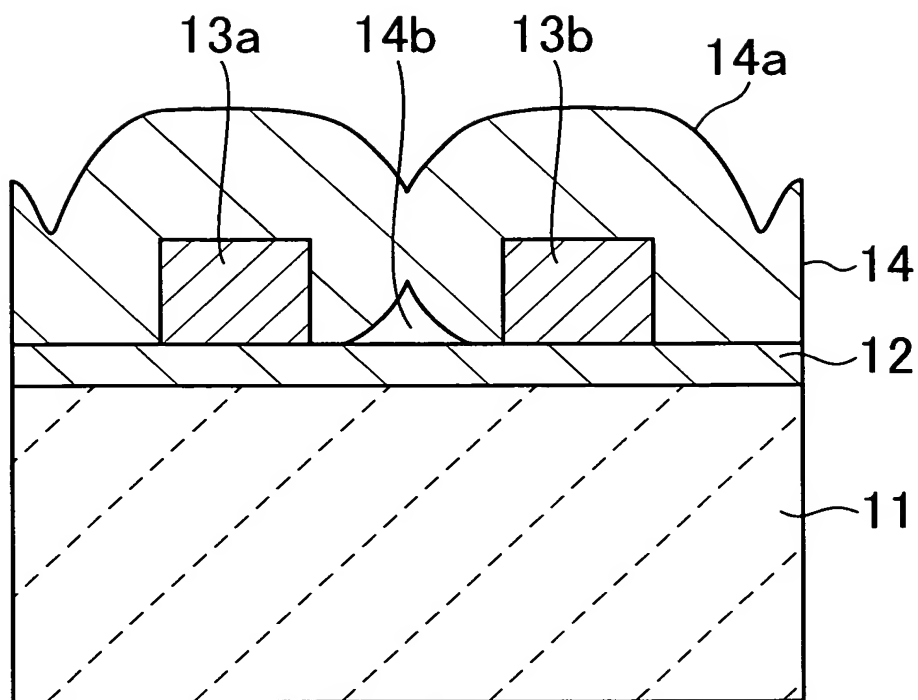
【図 5】



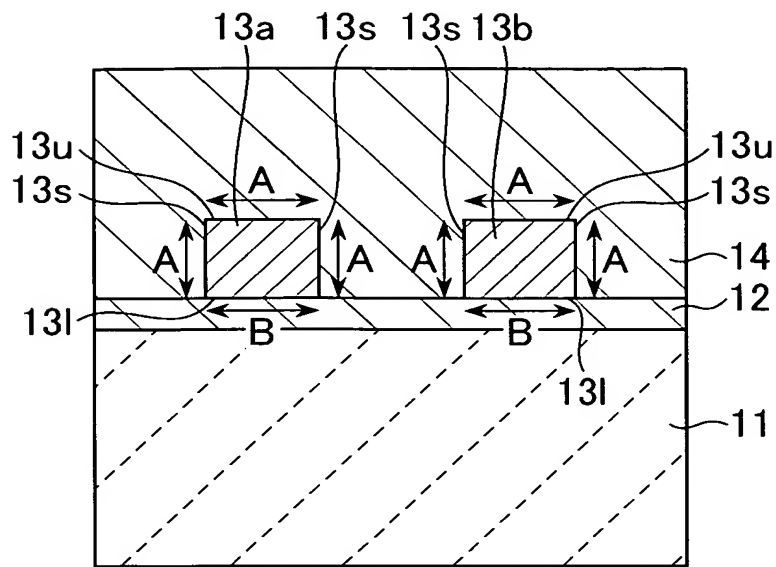
【図 6】



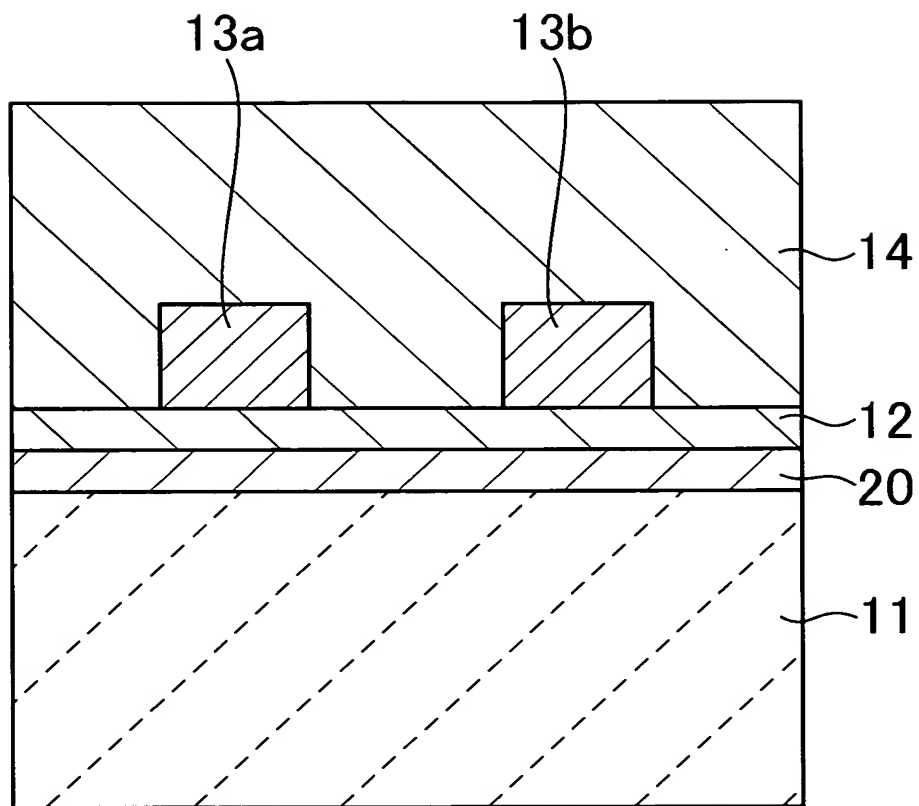
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 石英基板を有する光導波路の複屈折のを抑制する。

【解決手段】 本発明による光導波路 10 は、石英基板 11 と、石英基板 11 上に設けられたバッファ層 12 と、バッファ層 12 上に設けられたコア 13 a, 13 b と、コア 13 a, 13 b を覆ってバッファ層 12 上に設けられた上部クラッド 14 とを備える。本発明では、バッファ層 12 の熱膨張率と上部クラッド 14 の熱膨張率とがほぼ等しく設定されており、これによりコア 13 a, 13 b にかかる応力が実質的に等方性となることから、複屈折の発生を効果的に抑制することが可能となる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 0 1 8 8 3 8
受付番号	5 0 4 0 0 1 3 3 8 0 0
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 6 年 1 月 2 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 16 年 1 月 27 日

特願 2 0 0 4 - 0 1 8 8 3 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 3 0 6 7 ]

1. 変更年月日	2 0 0 3 年 6 月 2 7 日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号
氏 名	T D K 株式会社